



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 07 658 A 1**

⑤1 Int. Cl.7:  
**B 60 G 23/00**  
B 60 G 21/10  
B 62 D 6/00  
B 60 G 3/00  
B 60 G 7/00

②1 Aktenzeichen: 100 07 658.0  
②2 Anmeldetag: 19. 2. 2000  
④3 Offenlegungstag: 25. 10. 2001

DE 100 07 658 A 1

⑦1 Anmelder:  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:  
Gleitsmann, Thomas, 04416 Markkleeberg, DE;  
Götzen, Hartmut, Dipl.-Ing., 71384 Weinstadt, DE

⑤6 Entgegenhaltungen:  
DE 44 38 929 C1  
DE 198 57 394 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Regelbares Aufhängungssystem für ein aktives Fahrzeugfahrwerk

⑤7 Die Erfindung betrifft ein regelbares Aufhängungssystem für ein aktives Fahrwerk eines Kraftfahrzeuges, mit mindestens zwei Aktuatoren, die über Stellsignale zur Beeinflussung der Relativbewegungen zwischen einem Fahrzeugrad und einem Fahrzeugaufbau einstellbar sind, und mit einer Regeleinheit zur Erzeugung der Stellsignale in Abhängigkeit von Fahrzeug-Zustandsgrößen repräsentierenden Eingangssignalen.

Um mit einfachen Mitteln ein hohes Maß an Sicherheit gewährleisten zu können, wird vorgeschlagen, daß ein Zusatzaktor vorgesehen ist, der sich im Normalbetrieb der anderen Aktuatoren in einem deaktivierten Zustand befindet, in dem der Zusatzaktor passiv und im wesentlichen widerstandsfrei verstellbar ist, daß im Fehlerfall bei einem Defekt eines Aktuators die Regeleinheit den defekten Aktuator in einen deaktivierten Zustand schaltet, in dem der defekte Aktuator passiv und im wesentlichen widerstandsfrei verstellbar ist, und den Zusatzaktor in einen aktiven Zustand schaltet, daß die Regeleinheit in Abhängigkeit des deaktivierten, defekten Aktuators Stellsignale erzeugt, die den aktivierten Zusatzaktor so betätigen, daß der Zusatzaktor den deaktivierten, defekten Aktuator hinsichtlich seiner Funktion vollständig ersetzt.

DE 100 07 658 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft ein regelbares Aufhängungssystem für ein aktives Fahrwerk eines Kraftfahrzeuges mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

[0002] Aus der DE 44 38 929 C1 ist eine hydraulische Lenkaktuatoranordnung für eine parameterabhängig gesteuerte Fahrzeuglenkung bekannt, die einen an einem lenkbaren Rad angeordneten Lenkhebel umfaßt, der mit der Kolbenstange eines hydraulischen Lenkaktuators verbunden ist. Dieser Lenkaktuator wird mittels Stellsignalen eingestellt, die in einem Rechner in Abhängigkeit verschiedener Parameter, beispielsweise Drehstellung des Lenkrades, Fahrgeschwindigkeit oder Giergeschwindigkeit des Fahrzeugs erzeugt werden. Die Einstellung des Lenkaktuators kann geregelt durch einen Soll-Ist-Vergleich zwischen gemessenen und berechneten Zustandsgrößen erfolgen.

[0003] Darüber hinaus sind verschiedenartige Aufhängungssysteme für Kraftfahrzeuge bekannt, die eine Mehrzahl von Komponenten wie Feder, Dämpfer und Lenker umfassen und die es ermöglichen, die Bewegungsmöglichkeiten des Rades, das heißt dessen Freiheitsgrade, insbesondere Lenkwinkel, Hub, Sturz und Spur, gezielt aktiv oder passiv zu beeinflussen.

[0004] Aus Sicherheitsgründen muß eine größtmögliche Funktionstüchtigkeit der die Lenkung bestimmenden Komponenten gewährleistet werden. Insbesondere bei Steer-by-wire-Systemen, bei denen keine unmittelbare mechanische Kopplung der Lenkbewegung des Fahrers mit den gelenkten Rädern mehr existiert, muß ein Funktionsausfall im Lenk-Übertragungsweg durch in der Regel redundante Auslegung kompensiert werden können. Hierdurch fallen jedoch erhöhte Herstellungs-, Montage- und Betriebskosten der Aufhängungssysteme an; außerdem benötigen redundant ausgelegte Aufhängungssysteme mehr Bauraum.

[0005] Aus der am Anmeldetag vorliegender Patentanmeldung noch unveröffentlichten deutschen Patentanmeldung 198 57 394.4 vom 12.12.98 ist ein Aufhängungssystem bekannt, das wenigstens zwei Aktuatoren aufweist, die so angeordnet sind, daß Stellbewegungen der Aktuatoren parallele Richtungskomponenten aufweisen. Dies wird dadurch erreicht, daß zwischen den Stellrichtungen der beiden Aktuatoren ein von 90° abweichender Winkel eingestellt wird. Auf diese Weise überlagern sich die Wirkrichtungen der beiden Aktuatoren zumindest teilweise. Bei Versagen eines der Aktuatoren kann dessen Funktion daher zumindest teilweise von dem anderen Aktuator übernommen werden. Mit Hilfe einer Regeleinheit wird der Funktionszustand der Aktuatoren permanent überprüft. Sobald das Versagen eines Aktuators festgestellt wird, beaufschlagt die Regeleinheit den verbleibenden intakten Aktuator mit Stellbewegungen, die der Wirkrichtung des defekten Aktuators entsprechen, derart, daß die Funktion des defekten Aktuators zumindest teilweise vom intakten Aktuator übernommen werden kann. Um die redundante Funktionssicherheit des Systems gewährleisten zu können, ist es bei diesem bekannten Aufhängungssystem nicht mehr erforderlich, für jeden Aktuator einen Ersatzaktuator vorzusehen. Wenn jedoch ein Aktuator die Funktion eines fehlerhaften Aktuators zumindest teilweise mit übernimmt, kommt es zwangsläufig zu Kopplungen der Elemente der Radaufhängung, wodurch sich die Freiheitsgrade der Radverstellung gegenseitig beeinflussen. Beispielsweise kann sich dann bei der Änderung des Lenkwinkels gleichzeitig eine ungewollte Sturzänderung einstellen. Durch diese gekoppelte Bewegung in wenigstens zwei Freiheitsgraden kann im Extremfall die Fahrzeugsicherheit beeinträchtigt werden.

[0006] Die vorliegende Erfindung beschäftigt sich mit

dem Problem, ein regelbares Aufhängungssystem für ein aktives Fahrwerk zu schaffen, das mit einfachen Mitteln ein hohes Maß an Sicherheit gewährleistet.

[0007] Dieses Problem wird erfindungsgemäß durch ein Aufhängungssystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0008] Die Erfindung beruht auf dem allgemeinen Gedanken, für jeden Freiheitsgrad, der am Fahrzeugrad einstellbar sein soll, einen einzigen Aktuator vorzusehen, um auf diese Weise das Aufhängungssystem statisch bestimmt auszubilden. Zu diesen Aktuatoren, die im Normalbetrieb aktiv sind und die Relativbewegungen zwischen dem Rad und dem Fahrzeugaufbau innerhalb der durch sie realisierbaren Freiheitsgrade einstellen, wird ein zusätzlicher Aktuator, der im folgenden als Zusatzaktuator bezeichnet wird, vorgesehen, der im Normalbetrieb deaktiviert ist und durch die Relativbewegungen zwischen Rad und Aufbau passiv und im wesentlichen ohne Kraftaufnahme mitverstellt wird. Sobald jedoch bei einem der aktiven Aktuatoren ein Defekt festgestellt wird, wird dieser defekte Aktuator deaktiviert und der zuvor deaktivierte Zusatzaktuator wird aktiviert. Dabei wird der Zusatzaktuator dann so betätigt, daß er genau die Funktion des ausgefallenen defekten Aktuators übernehmen kann, so daß der dem defekten Aktuator zugeordnete Freiheitsgrad nun völlig unabhängig von den anderen Aktuatoren durch den Zusatzaktuator eingestellt werden kann. Der Zusatzaktuator ersetzt somit hinsichtlich der Funktion den defekten Aktuator vollständig. Der defekte Aktuator ist in seinem deaktivierten Zustand ebenfalls kraftlos geschaltet, so daß er passiv den Relativbewegungen zwischen Rad und Aufbau folgt. Das auf diese Weise ausgebildete Aufhängungssystem ist durch den Zusatzaktuator einfach redundant überbestimmt. Wenn einer der Aktuatoren ausfällt kann dieser durch den Zusatzaktuator vollständig ersetzt werden, so daß im Fehlerfall eine uneingeschränkte Weiterfahrt möglich ist. Sobald der Zusatzaktuator im Notbetrieb einen defekten Aktuator ersetzt, ist das Aufhängungssystem zwar noch statisch bestimmt, jedoch ist das Aufhängungssystem im Notbetrieb nicht mehr redundant abgesichert, das heißt es darf kein weiterer Aktuator ausfallen. Allerdings ist die Wahrscheinlichkeit, daß zwei Aktuatoren in einem System gleichzeitig versagen, minimal.

[0009] Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der erfindungsgemäßen Vorrichtung ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus den Zeichnungen und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung anhand der Zeichnungen.

[0010] Es versteht sich, daß die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0011] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

[0012] Es zeigen, jeweils schematisch,

[0013] Fig. 1 eine perspektivische Ansicht auf ein erfindungsgemäßes Aufhängungssystem in einer ersten Ausführungsform,

[0014] Fig. 2 eine Ansicht wie in Fig. 1, jedoch einer zweiten Ausführungsform, und

[0015] Fig. 3 eine Ansicht wie in Fig. 1, jedoch einer dritten Ausführungsform.

[0016] Bei den in den Fig. 1 bis 3 dargestellten Ausführungsbeispielen sind gleiche Bauteile mit gleichen Bezugszeichen versehen. Im folgenden wird die Raddrehung als selbstverständlich vorausgesetzt und nicht als eigenständiger Freiheitsgrad aufgezählt. Vertikales Einfedern hat in der

Regel auch eine Dämpfung der Vertikalbewegung des Rades zur Folge. In sämtlichen Ausführungsbeispielen wird eine Regeleinheit zur Erzeugung von die Aktuatoren beaufschlagenden Stellsignalen vorausgesetzt.

[0017] Entsprechend den Fig. 1 bis 3 weist ein erfindungsgemäßes Aufhängungssystem 1 einen Radträger 2 auf, an dem ein Rad 3 eines im übrigen nicht dargestellten Kraftfahrzeuges gelagert ist. Ein nur symbolisch dargestellter Fahrzeugaufbau, an dem das Aufhängungssystem 1 am Fahrzeug gelagert ist, ist mit 4 bezeichnet und durch ein rahmenartiges Bauteil symbolisiert und in den Fig. 2 und 3 durch ein stangenartiges Bauteil ergänzt.

[0018] Entsprechend Fig. 1 ist der Radträger 2 mittels eines unteren Querträgers 5 und eines oberen Querträgers 6 am Fahrzeugaufbau 4 gelagert. Die aufbauseitigen Anlenkstellen der Querlenker 5 und 6 sind dabei jeweils durch Drehgelenke 7 gebildet, die jeweils eine Schwenkverstellung des jeweiligen Querlenkers 5, 6 um eine Schwenkachse 8 ermöglichen, die jeweils parallel zu einer Fahrzeuglängsachse X verlaufen. Die radseitigen Anlenkstellen der Querlenker 5, 6 sind jeweils durch Kugelgelenke 9 gebildet, über die die Querlenker 5, 6 am Radträger 2 räumlich verstellbar gelagert sind. Durch die beiden Kugelgelenke 9, mit denen der Radträger 2 über die Querlenker 5, 6 am Fahrzeugaufbau 4 gelagert ist, wird eine Lenkachse 10 des Fahrzeugrades 3 definiert, die im wesentlichen parallel zu einer Fahrzeughochachse Z verläuft und um die das Fahrzeugrad 3 zur Durchführung von Lenkbewegungen schwenkverstellbar ist.

[0019] Das Aufhängungssystem 1 weist einen ersten Aktuator 11 auf, der zur Durchführung von Schwenkverstellungen des Fahrzeugrades 3 um seine Lenkachse 10 ausgebildet ist und im folgenden als Lenkaktuator 11 bezeichnet wird. Der Lenkaktuator 11 ist radseitig über ein weiteres Kugelgelenk 9 am Radträger 2 gelagert, wobei diese radseitige Anlenkstelle außerhalb der Lenkachse 10, das heißt mit Abstand dazu am Radträger 2 angeordnet ist. Aufbauseitig ist der Lenkaktuator 11 über ein weiteres Kugelgelenk 9 am Fahrzeugaufbau 4 gelagert. Die bidirektionale Wirkungsrichtung des Lenkactuators 11 verläuft im wesentlichen parallel zu einer Fahrzeugquerachse Y. Durch eine Längenverstellung des Lenkactuators 11 ergibt sich somit eine Schwenkbewegung des Radträgers 2 um die Lenkachse 10.

[0020] Die beim erfindungsgemäßen Aufhängungssystem 1 verwendeten Aktuatoren wirken bidirektional, das heißt sie sind längenverstellbar ausgebildet. Zur Realisierung der Erfindung werden Aktuatoren verwendet, die zwischen einem aktivierten Zustand und einem deaktivierten Zustand umschaltbar sind. Im aktivierten Zustand übertragen die Aktuatoren zwischen ihren Anlenkstellen Kräfte und bewirken so aktiv die Einstellung bestimmter Relativlagen zwischen dem Fahrzeugrad 3 und dem Fahrzeugaufbau 4. In ihrem deaktivierten Zustand sind die Aktuatoren so geschaltet, daß sie passiv und im wesentlichen widerstandsfrei bidirektional bzw. längenverstellbar sind, das heißt die deaktivierten Aktuatoren übertragen zwischen ihren Anlenkstellen keine Kräfte und folgen den Relativbewegungen zwischen Fahrzeugrad 3 und Fahrzeugaufbau 4 rein passiv. Die Aktuatoren können beispielsweise als hydraulische Kolben-Zylinder-Aggregate ausgebildet sein. Zur Realisierung der widerstandsfreien oder gleitenden Verstellbarkeit im deaktivierten Zustand können diese Kolben-Zylinder-Aggregate einen entsprechenden Bypass aufweisen, der zur Deaktivierung geöffnet und zur Aktivierung geschlossen wird.

[0021] Des weiteren weist das Aufhängungssystem 1 einen zweiten Aktuator 12 auf, der zur Durchführung von Hubverstellungen des Rades 3 in Richtung der Fahrzeughochachse Z und insbesondere zur Realisierung einer Rad-

dämpfung und/oder Radfederung dient, so daß der zweite Aktuator 12 im folgenden auch als Federaktuator 12 bezeichnet wird. Der Lenkaktuator 12 ist radseitig im Kugelgelenk 9 gelagert, an dem auch der untere Querlenker 5 am Radträger 2 angelenkt ist. Aufbauseitig ist der Federaktuator 12 in einem weiteren Kugelgelenk 9 am Fahrzeugaufbau 4 gelagert, das hier von der Schwenkachse 8 des Drehgelenks 7 des oberen Querlenkers 6 durchdrungen ist. Die sich dabei ausbildende Wirkungsrichtung des Federactuators 12 schneidet somit die Radlenkachse 10 und die Schwenkachse 8 des oberen Querlenkers 6. Eine Längenverstellung des Federactuators 12 hat eine Schwenkbewegung der Querlenker 5 und 6 um ihre Schwenkachse 8 zur Folge, wodurch sich der damit gekoppelte Radträger 2 im wesentlichen entlang der Fahrzeughochachse Z verstellt.

[0022] Beim Federaktuator 12 sind somit die radseitige Anlenkstelle und die aufbauseitige Anlenkstelle bezüglich der Fahrzeughochachse Z unterschiedlich positioniert. Das Kugelgelenk 9 der aufbauseitigen Anlenkstelle des Federactuators 12 ist so positioniert, daß die Wirkungsline des Federactuators 12 etwa in einer senkrecht zur Fahrzeuglängsachse X verlaufenden YZ-Ebene liegt. Dadurch weist die Wirkungsline des Federactuators 12 bezüglich eines durch die Längsachse X, Querachse Y und Hochachse Z des Fahrzeuges gebildeten kartesischen Koordinatensystems XYZ zumindest zwei Richtungskomponenten auf, von denen die eine parallel zur Fahrzeughochachse Z und die andere parallel zur Fahrzeugquerachse Y verläuft.

[0023] Neben dem Lenkaktuator 11 und dem Federaktuator 12 weist das Aufhängungssystem 1 einen Zusatzaktuator 13 auf, der radseitig über ein weiteres Kugelgelenk 9 am Radträger 2 gelagert ist. Diese radseitige Anlenkstelle des Zusatzactuators 13 ist dabei so gewählt, daß sie außerhalb der Radlenkachse 10, das heißt mit Abstand dazu am Radträger 2 angeordnet ist. Aufbauseitig ist der Zusatzaktuator 13 über ein weiteres Kugelgelenk 9 am Fahrzeugaufbau 4 gelagert, wobei bezüglich der Fahrzeughochachse Z die radseitige Anlenkstelle und die aufbauseitige Anlenkstelle unterschiedliche Positionen aufweisen. Gemäß Fig. 1 ist die aufbauseitige Anlenkstelle relativ weit oben am Fahrzeugaufbau 4 und die radseitige Anlenkstelle relativ weit unten am Radträger 2 positioniert. Die Wirkungsrichtung des Zusatzactuators 13 weist somit bezüglich des Fahrzeugkoordinatensystems XYZ sowohl eine Richtungskomponente parallel zur Fahrzeughochachse Z als auch eine Richtungskomponente parallel zur Fahrzeugquerachse Y auf.

[0024] Durch die gewählte Anordnung des Zusatzactuators 13 verläuft eine Richtungskomponente der Wirkungsrichtung des Zusatzactuators 13 parallel zur Wirkungsrichtung bzw. zu einer Richtungskomponente des Lenkactuators 11, während eine andere Richtungskomponente der Wirkungsrichtung des Zusatzactuators 13 parallel zu einer Richtungskomponente der Wirkungsrichtung des Federactuators 12 verläuft.

[0025] Die Aktuatoren 11, 12, 13 werden von einer Regeleinheit 14 betätigt, die in Abhängigkeit von eingehenden Eingangssignalen E, die Fahrzeug-Zustandsgrößen repräsentieren, Stellsignale S generiert und über entsprechende Leitungen 15 an die Aktuatoren 11, 12, 13 weiterleitet bzw. die Aktuatoren 11, 12, 13 über diese Leitungen 15 betätigt.

[0026] Das Aufhängungssystem 1 gemäß Fig. 1 arbeitet wie folgt:

[0027] In einem Normalbetrieb sind der Lenkaktuator 11 und der Federaktuator 12 aktiv und ermöglichen Relativverstellungen des Fahrzeugrades 3 bezüglich des Fahrzeugaufbaus 4 in zwei Freiheitsgraden. Dabei ist jedem Aktuator 11 und 12 einer dieser Freiheitsgrade zugeordnet, die unabhängig voneinander einstellbar sind, wobei zur Verstellung des

Rades 3 in einem Freiheitsgrad nur der eine zugehörige Aktuator 11, 12 betätigt werden muß. Im Unterschied dazu ist der Zusatzaktuator 13 deaktiviert und somit frei bidirektional verstellbar.

[0028] Die Regeleinheit 14 überwacht permanent die Funktion der Aktuatoren 11, 12, 13. Zeigt sich am Lenkaktuator 11 oder am Federaktuator 12 ein Defekt, wird der defekte Aktuator 11, 12 durch die Regeleinheit 14 deaktiviert. Im wesentlichen simultan dazu wird der Zusatzaktuator 13 aktiviert und mit Stellsignalen versorgt, die davon abhängen, welcher Aktuator deaktiviert worden ist und die den aktivierten Zusatzaktuator 13 so betätigen, daß der Zusatzaktuator 13 den deaktivierten defekten Aktuator 11, 12 hinsichtlich seiner Funktion vollständig ersetzt.

[0029] Wenn beispielsweise der Lenkaktuator 11 einen Defekt zeigt, wird dieser deaktiviert, so daß er frei längenverstellbar ist. Die Lenkfunktion des Lenkaktuators 11 wird dann durch den Zusatzaktuator 13 ausgeführt. Durch die erfindungsgemäße Anordnung des Zusatzaktuators 13 kann dabei die Einstellung des dem Lenkaktuator 11 zugeordneten Freiheitsgrades, nämlich die Lenkverstellung des Fahrzeugrades 3 um seine Lenkachse 10, ausschließlich durch den Zusatzaktuator 13, das heißt unabhängig vom Federaktuator 12 und somit ohne Kopplung mit dem dem Federaktuator 12 zugeordneten Freiheitsgrad, durchgeführt werden. Im Unterschied dazu wird zur Einstellung des dem Federaktuator 12 zugeordneten Freiheitsgrades, nämlich der Hubverstellung des Fahrzeugrades 3 parallel zur Fahrzeughochachse Z, eine Kopplung der Stellsignale S für den Federaktuator 12 und für den Zusatzaktuator 13 durchgeführt, um ein Einfedern des Fahrzeugrades 3 unabhängig von einer Lenkbewegung durchführen zu können. In jedem Fall gewährleistet das erfindungsgemäße Aufhängungssystem 1 auch im Notbetrieb, das heißt bei aktiviertem Zusatzaktuator 13, die Einstellung aller Freiheitsgrade, die mit den durch den Zusatzaktuator 13 abgesicherten Aktuatoren 11 und 12 einstellbar sind, unabhängig voneinander, so daß der Fahrbetrieb im Notfall dem Fahrbetrieb im Normalfall ohne Einschränkung entspricht, sofern man von der dann fehlenden einfach redundanten Absicherung absieht.

[0030] Für den Fall, daß der Federaktuator 12 einen Defekt zeigt, wird dementsprechend der Federaktuator 12 deaktiviert und der Zusatzaktuator 13 aktiviert. In diesem Fall wird der Zusatzaktuator 13 von der Regeleinheit 14 mit solchen Stellsignalen versorgt, die es dem Zusatzaktuator 13 ermöglichen, die Einfederfunktion des Federaktuators 12 vollständig auszuführen. Einfederbewegungen können somit durch eine ausschließliche Betätigung des Zusatzaktuators 13 realisiert werden, während zur Durchführung einer Lenkbewegung die Stellsignale S für den Lenkaktuator 11 und den Zusatzaktuator 13 gekoppelt werden, um eine Lenkbewegung ohne gleichzeitige Einfederbewegung durchzuführen.

[0031] Die Ausführungsform gemäß Fig. 2 unterscheidet sich von der Ausführungsform gemäß Fig. 1 im wesentlichen dadurch, daß der obere Querlenker 6 durch einen Längslenker 16 und einen dritten Aktuator 17 ersetzt ist. Der Längslenker 16 ist dabei stabförmig ausgebildet und radseitig im Kugelgelenk 9 am Radträger 2 angelenkt und aufbauseitig über ein weiteres Kugelgelenk 9 am Fahrzeugaufbau 4 angelenkt, wobei der Fahrzeugaufbau 4 hier durch ein stabförmiges fahrzeugfestes Bauteil symbolisch dargestellt ist. Der Längslenker 16 erstreckt sich dabei im wesentlichen parallel zur Fahrzeuglängsachse X.

[0032] Der dritte Aktuator 17 dient zur Durchführung von Schwenkbewegungen des Radträgers 2 um eine im wesentlichen parallel zur Fahrzeuglängsrichtung X verlaufende Schwenkachse 18, die durch das Kugelgelenk 9 verläuft, an

dem der untere Querlenker 5 am Radträger 2 angelenkt ist. Durch diese Schwenkverstellung des Radträgers 2 wird der Sturz des Fahrzeugrades 3 verändert, so daß im folgenden die vorgenannte Schwenkachse 18 als Sturzachse 18 und der dritte Aktuator 17 als Sturzaktuator 17 bezeichnet wird. Der Sturzaktuator 17 ist dazu radseitig über dasselbe Kugelgelenk 9 am Radträger 2 gelagert, an dem auch der Längslenker 16 angelenkt ist. Aufbauseitig ist der Sturzaktuator 17 an demselben Kugelgelenk 9 am Aufbau 4 gelagert, an dem auch der Federaktuator 12 gelagert ist.

[0033] Im Unterschied zur Ausführungsform gemäß Fig. 1 ist der Zusatzaktuator 13 bei der Variante gemäß Fig. 2 so am Aufhängungssystem 1 angeordnet, daß die radseitige Anlenkstelle des Zusatzaktuators 13 außerhalb der Sturzachse 18, das heißt mit Abstand dazu am Radträger 2 angelenkt ist, wobei die beiden Anlenkstellen des Zusatzaktuators 13 bezüglich der Fahrzeughochachse Z unterschiedlich positioniert sind. Im Beispiels gemäß Fig. 2 ist die radseitige Anlenkstelle des Zusatzaktuators 13 am oberen Ende des Radträgers 2 angelenkt, während die aufbauseitige Anlenkstelle des Zusatzaktuators 13 am unteren Ende des Fahrzeugaufbaus 4 angreift, zweckmäßigerweise in einem Kugelgelenk 9, durch das die Schwenkachse 8 des unteren Querträgers 5 verläuft.

[0034] Das Aufhängungssystem 1 gemäß Fig. 2 arbeitet wie folgt:

[0035] Wenn der Lenkaktuator 11 oder der Federaktuator 12 einen Defekt aufweist, kann der defekte Aktuator 11, 12 deaktiviert und durch eine Aktivierung des Zusatzaktuators 13 ersetzt werden, wobei die Funktionsweise, mit der zu Fig. 1 beschriebenen Funktionsweise übereinstimmt.

[0036] Für den Fall, daß der Sturzaktuator 17 einen Defekt aufweist, deaktiviert die Regeleinheit 14 den Sturzaktuator 17 und aktiviert den Zusatzaktuator 13, wobei die Regeleinheit 14 den Zusatzaktuator 13 mit solchen Stellsignalen S versorgt, die es dem Zusatzaktuator 13 ermöglichen, den Sturzaktuator 17 vollständig hinsichtlich seiner Funktion zu ersetzen. Dementsprechend kann der dem Sturzaktuator 17 zugeordnete Freiheitsgrad, nämlich die Sturzeinstellung des Fahrzeugrades 3, durch eine Betätigung ausschließlich des Zusatzaktuators 13 realisiert werden, ohne daß es dabei zu Kopplungsbewegungen in den anderen Freiheitsgraden kommt. Soll hingegen im Notbetrieb eine Lenkverstellung des Fahrzeugrades 3 bezüglich seiner Lenkachse 10 realisiert werden, ohne daß es dabei zu einer Sturzverstellung des Fahrzeugrades 3 kommt, müssen der Lenkaktuator 11 und der Zusatzaktuator 13 gemeinsam betätigt werden, wobei die Steuersignale S dementsprechend gekoppelt sind. Entsprechendes gilt für die Durchführung einer Hubverstellung des Fahrzeugrades 3 in Richtung der Fahrzeughochachse Z. Soll die Hubverstellung des Fahrzeugrades 3 ohne eine damit einhergehende Lenkverstellung realisiert werden, müssen von der Regeleinheit 14 sowohl der Federaktuator 12 als auch der Zusatzaktuator 13 mit entsprechend gekoppelten Stellsignalen S beaufschlagt werden.

[0037] Die Ausführungsform gemäß Fig. 3 unterscheidet sich von der Variante gemäß Fig. 2 zum einen dadurch, daß der Längslenker 16 durch einen vierten Aktuator 19 ersetzt ist, mit dessen Hilfe die relative Lage des Fahrzeugrades 3 bezüglich der Fahrzeuglängsachse X gegenüber dem Fahrzeugaufbau 4 verändert werden kann. Da eine derartige Relativverstellung als Nachlaufverstellung bezeichnet wird, heißt der vierte Aktuator 19 im folgenden auch Nachlaufaktuator 19. Die Verstellung des Nachlaufs erfolgt dabei dadurch, daß bei einer Längenveränderung des Nachlaufaktuators 19 der Radträger 2 und somit das daran gelagerte Fahrzeugrad 3 um eine Nachlaufachse 20 schwenkt, die im wesentlichen parallel zur Fahrzeugquerachse Y und durch das

Kugelgelenk 9 verläuft, in dem auch der untere Querlenker 5 am Radträger 2 angelenkt ist.

[0038] Der Nachlaufaktuator 19 erstreckt sich im wesentlichen parallel zur Fahrzeuglängsachse X, so daß die Wirkungsrichtung des Nachlaufaktuators 19 im wesentlichen nur eine Richtungskomponente parallel zur Fahrzeuglängsachse X aufweist.

[0039] Zum anderen unterscheidet sich die Variante gemäß Fig. 3 von den zuvor beschriebenen Varianten dadurch, daß die radseitige Anlenkstelle des Federaktuators 12 sich nicht mehr direkt, sondern indirekt über den unteren Querträger 5 am Radträger 2 abstützt. Zu diesem Zweck ist der Federaktuator 12 über ein entsprechendes Kugelgelenk 9 an einer Zusatzstrebe 21 des unteren Querträgers 5 abgestützt.

[0040] Schließlich unterscheidet sich die Variante gemäß Fig. 3 von den anderen Varianten auch dadurch, daß der Zusatzaktuator 13 so im Aufhängungssystem 1 angeordnet ist, daß seine Anlenkstellen bezüglich der Fahrzeuglängsachse X unterschiedlich positioniert sind. Gemäß Fig. 3 ist die aufbauseitige Anlenkstelle bezüglich der Fahrzeuglängsachse X weiter vorn als die radseitige Anlenkstelle. Durch diese Anordnung weist die Wirkungsrichtung des Zusatzaktuators 13 zusätzlich eine parallel zur Fahrzeuglängsachse X verlaufende Richtungskomponente auf.

[0041] Das Aufhängungssystem gemäß Fig. 3 arbeitet wie folgt:

[0042] Falls der Lenkaktuator 11 oder der Federaktuator 12 oder der Sturzaktuator 17 ausfällt wird dieser hinsichtlich seiner Funktion durch den Zusatzaktuator 13 auf die bereits oben mit Bezug auf Fig. 2 beschriebene Weise ersetzt.

[0043] Falls der Nachlaufaktuator 19 einen Defekt zeigt, schaltet die Regeleinheit 14 den Nachlaufaktuator 19 in seinen deaktivierten Zustand, in dem er Relativbewegungen zwischen Fahrzeugrad 3 und Fahrzeugaufbau 4 passiv und im wesentlichen widerstandsfrei folgt. Simultan wird der Zusatzaktuator 13 aktiviert und mit solchen Stellsignalen S beaufschlagt, die es dem Zusatzaktuator 13 ermöglichen, die Funktion des Nachlaufaktuators 19 vollständig zu übernehmen. In diesem Notbetrieb werden die Betätigungen der verbleibenden Aktuatoren, nämlich des Lenkaktuators 11, des Federaktuators 12 und des Sturzaktuators 17, stets mit einer Betätigung des Zusatzaktuators 13 gekoppelt, derart, daß möglichst keine Kopplung der durch die einzelnen Aktuatoren einstellbaren Freiheitsgrade erfolgt. Auch bei dieser Ausführungsform kann das aktive Fahrwerk auch im Notfall so betrieben werden wie im Normalfall, ohne Einbußen am Fahrkomfort und an Fahrzeugsicherheit.

[0044] Es ist klar, daß beim Ausfall eines der durch den Zusatzaktuator 13 redundant abgesicherten Aktuatoren 11, 12, 17, 19 oder des Zusatzaktuators 13 selbst im Fahrzeug entsprechende Alarmsignale abgegeben werden, die dem Fahrzeugführer einen Hinweis auf das defekte Aufhängungssystem geben.

#### Patentansprüche

1. Regelbares Aufhängungssystem für ein aktives Fahrwerk eines Kraftfahrzeuges, mit mindestens zwei bidirektional wirkenden Aktuatoren (11, 12), die über Stellsignale (S) zur Beeinflussung der Relativbewegung zwischen einem Rad (3) des Kraftfahrzeuges und dem Fahrzeugaufbau (4) einstellbar sind, und mit einer Regeleinheit (14) zur Erzeugung der Stellsignale (S) in Abhängigkeit von Fahrzeug-Zustandsgrößen repräsentierenden Eingangssignalen (E), **dadurch gekennzeichnet,** daß ein bidirektional wirkender Zusatzaktuator (13) vorgesehen ist, der sich im Normalbetrieb der anderen

Aktuatoren (11, 12) in einem deaktivierten Zustand befindet, in dem der Zusatzaktuator (13) passiv und im wesentlichen widerstandsfrei bidirektional verstellbar ist,

daß im Fehlerfall bei einem Defekt eines Aktuators (11, 12) die Regeleinheit (14) den defekten Aktuator (11, 12) in einen deaktivierten Zustand schaltet, in dem der defekte Aktuator (11, 12) passiv und im wesentlichen widerstandsfrei bidirektional verstellbar ist, und den Zusatzaktuator (13) in einen aktiven Zustand schaltet, daß die Regeleinheit (14) in Abhängigkeit des deaktivierten defekten Aktuators (11, 12) Stellsignale (S) erzeugt, die den aktivierten Zusatzaktuator (13) so betätigen, daß der Zusatzaktuator (13) den deaktivierten defekten Aktuator (11, 12) hinsichtlich seiner Funktion vollständig ersetzt.

2. Aufhängungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Zusatzaktuator (13) so im Aufhängungssystem (1) angeordnet ist, daß der aktivierte Zusatzaktuator (13) wenigstens zwei der anderen Aktuatoren (11, 12) alternativ hinsichtlich ihrer Funktion vollständig ersetzen kann.

3. Aufhängungssystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Hochachse Z, die Querachse Y und die Längsachse X des Fahrzeugs ein karthesisches Fahrzeugkoordinatensystem XYZ ausbilden, daß der Zusatzaktuator (13) so am Aufhängungssystem (1) angeordnet ist, daß seine Wirkungsrichtung bezüglich dieses Fahrzeugkoordinatensystems XYZ Richtungskomponenten aufweist, von denen bezüglich jedes durch den Zusatzaktuator (13) abgesicherten Aktuators (11, 12, 17, 19) wenigstens eine parallel zu wenigstens einer Richtungskomponente der Wirkungsrichtung des abgesicherten Aktuators (11, 12, 17, 19) verläuft.

4. Aufhängungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein erster Aktuator als Lenkaktuator (11) zur Durchführung von Schwenkverstellungen des Fahrzeugrades (3) um seine Lenkachse (10) ausgebildet ist, dessen radseitige Anlenkstelle außerhalb der Lenkachse (10) des Rades (3) angeordnet ist, daß ein zweiter Aktuator als Federaktuator (12) zur Durchführung von Hubverstellungen des Rades (3) in Richtung einer Fahrzeughochachse Z ausgebildet ist, dessen radseitige Anlenkstelle bezüglich der Fahrzeughochachse Z eine andere Position aufweist als dessen aufbauseitige Anlenkstelle, daß die radseitige Anlenkstelle des Zusatzaktuators (13) außerhalb der Lenkachse (10) des Rades (3) angeordnet ist und bezüglich der Fahrzeughochachse Z eine andere Position aufweist als die aufbauseitige Anlenkstelle des Zusatzaktuators (13).

5. Aufhängungssystem nach den Ansprüchen 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Lenkaktuator (11) so am Aufhängungssystem (1) angeordnet ist, daß seine Wirkungsrichtung bezüglich des Fahrzeugkoordinatensystems XYZ eine parallel zur Fahrzeugquerachse Y verlaufende Richtungskomponente aufweist, daß der Federaktuator (12) so am Aufhängungssystem (1) angeordnet ist, daß seine Wirkungsrichtung bezüglich des Fahrzeugkoordinatensystems XYZ eine parallel zur Fahrzeughochachse Z verlaufende Richtungskomponente aufweist, daß der Zusatzaktuator (13) so am Aufhängungssystem (1) angeordnet ist, daß seine Wirkungsrichtung bezüglich

lich des Fahrzeugkoordinatensystems XYZ eine parallel zur Fahrzeughochachse Z verlaufende Richtungskomponente und eine parallel zur Fahrzeugquerachse Y verlaufende Richtungskomponente aufweist.

6. Aufhängungssystem nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet,

daß ein dritter Aktuator als Sturzaktuator (17) zur Durchführung von Schwenkverstellungen des Rades (3) um eine parallel zur Fahrzeuglängsachse X verlaufende Sturzachse (18) ausgebildet ist, dessen radseitige Anlenkstelle außerhalb der Sturzachse (18) des Rades (3) angeordnet ist,

daß die radseitige Anlenkstelle des Zusatzaktuators (13) außerhalb der Sturzachse (18) des Rades (3) angeordnet ist.

7. Aufhängungssystem nach den Ansprüchen 3 und 6, dadurch gekennzeichnet,

daß der Sturzaktuator (17) so am Aufhängungssystem (1) angeordnet ist, daß seine Wirkungsrichtung bezüglich des Fahrzeugkoordinatensystems XYZ eine parallel zur Fahrzeugquerachse Y verlaufende Richtungskomponente aufweist,

daß der Zusatzaktuator (13) so am Aufhängungssystem (1) angeordnet ist, daß seine Wirkungsrichtung bezüglich des Fahrzeugkoordinatensystems XYZ eine parallel zur Fahrzeugquerachse Y verlaufende Richtungskomponente aufweist.

8. Aufhängungssystem nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein vierter Aktuator als Nachlaufaktuator (19) zur Durchführung von Schwenkbewegungen des Rades (3) um eine parallel zur Fahrzeugquerachse Y verlaufende Nachlaufachse (20) ausgebildet ist, wobei dann die radseitige Anlenkstelle des Zusatzaktuators (13) bezüglich der Fahrzeuglängsachse X eine andere Position aufweist, als die aufbauseitige Anlenkstelle des Zusatzaktuators (13).

9. Aufhängungssystem nach den Ansprüchen 3 und 8, dadurch gekennzeichnet,

daß der Nachlaufaktuator (19) so am Aufhängungssystem (1) angeordnet ist, daß seine Wirkungsrichtung bezüglich des Fahrzeugkoordinatensystems XYZ eine parallel zur Fahrzeuglängsachse X verlaufende Richtungskomponente aufweist,

daß der Zusatzaktuator (13) so am Aufhängungssystem (1) angeordnet ist, daß seine Wirkungsrichtung bezüglich des Fahrzeugkoordinatensystems XYZ eine parallel zur Fahrzeuglängsachse X verlaufende Richtungskomponente aufweist.

10. Aufhängungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet,

daß die durch den Zusatzaktuator (13) abgesicherten Aktuatoren (11, 12, 17, 19) jeweils einem anderen Freiheitsgrad des Fahrzeugrades (3) zugeordnet sind, die im Normalbetrieb unabhängig voneinander einstellbar sind, derart, daß zur Verstellung des Fahrzeugrades (3) bezüglich eines Freiheitsgrades der diesem Freiheitsgrad zugeordnete Aktuator (11, 12, 17, 19) unabhängig von den anderen Aktuatoren betätigt wird,

daß im Notbetrieb zur Verstellung des Fahrzeugrades (3) bezüglich des dem defekten Aktuator zugeordneten Freiheitsgrades der Zusatzaktuator (13) unabhängig von den anderen Aktuatoren betätigt wird und zur Verstellung des Fahrzeugrades (3) bezüglich eines anderen Freiheitsgrades der diesem Freiheitsgrad zugeordnete Aktuator und der Zusatzaktuator (13) gekoppelt betätigt werden.

tigt werden.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -



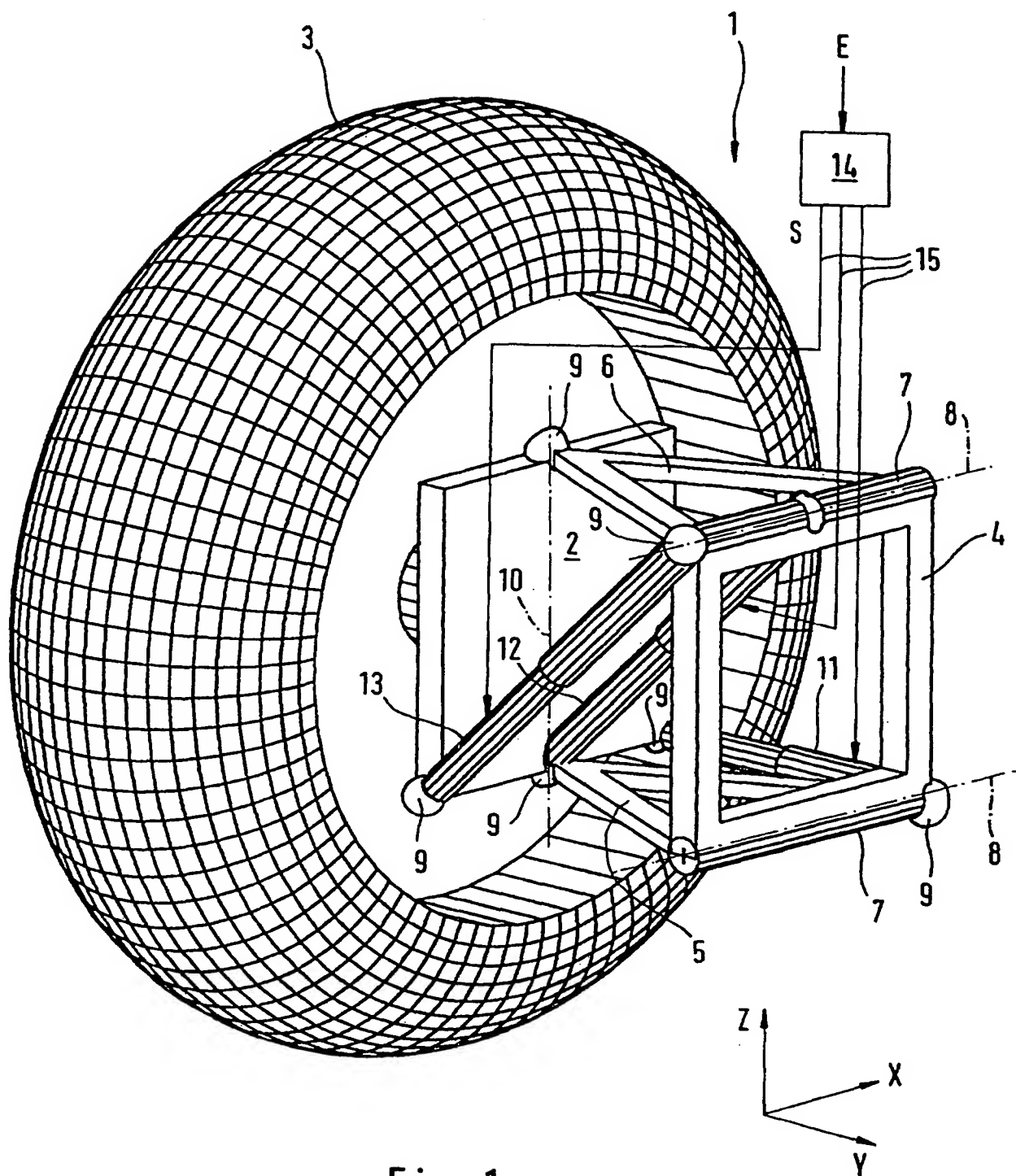
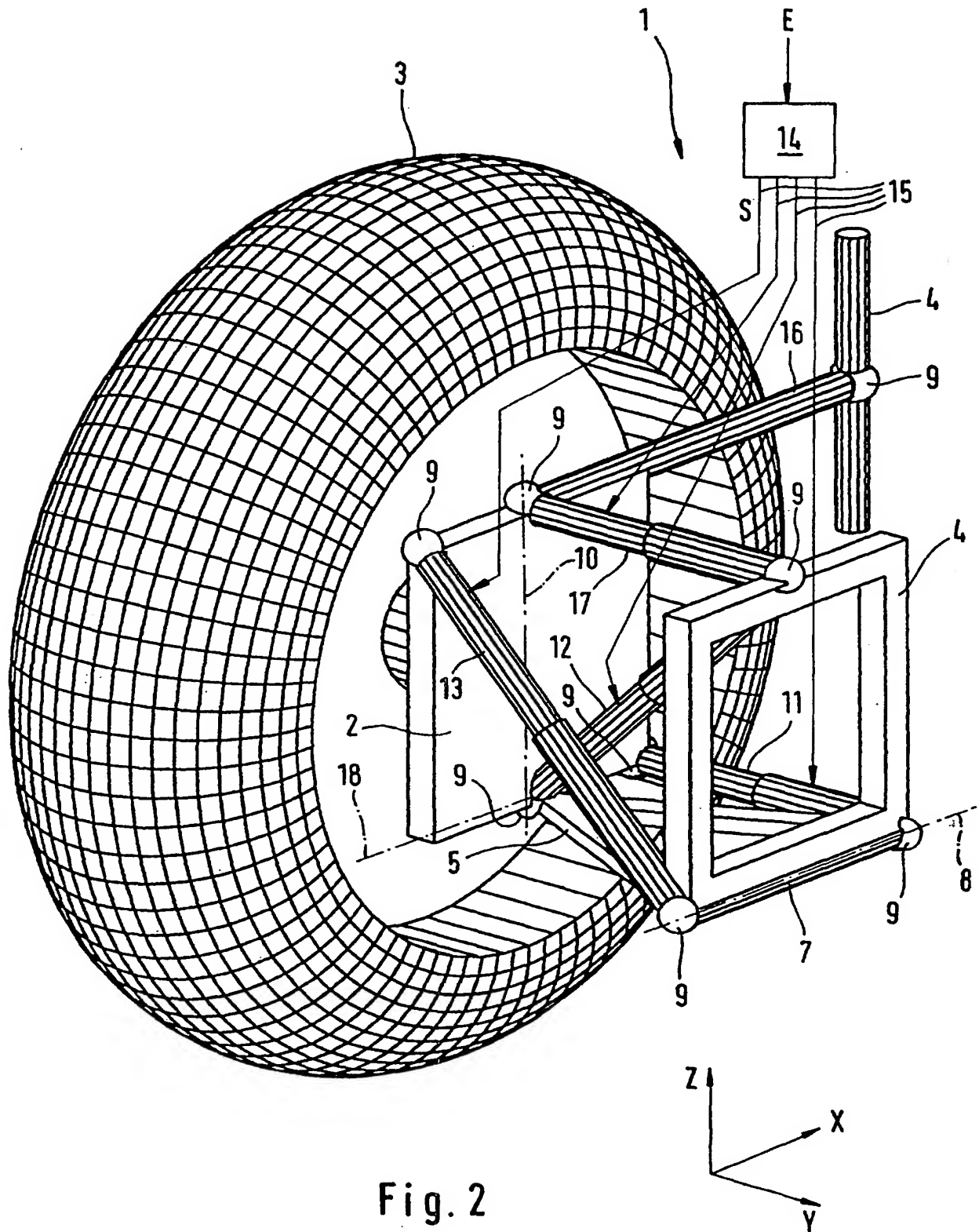


Fig. 1





**Fig. 2**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

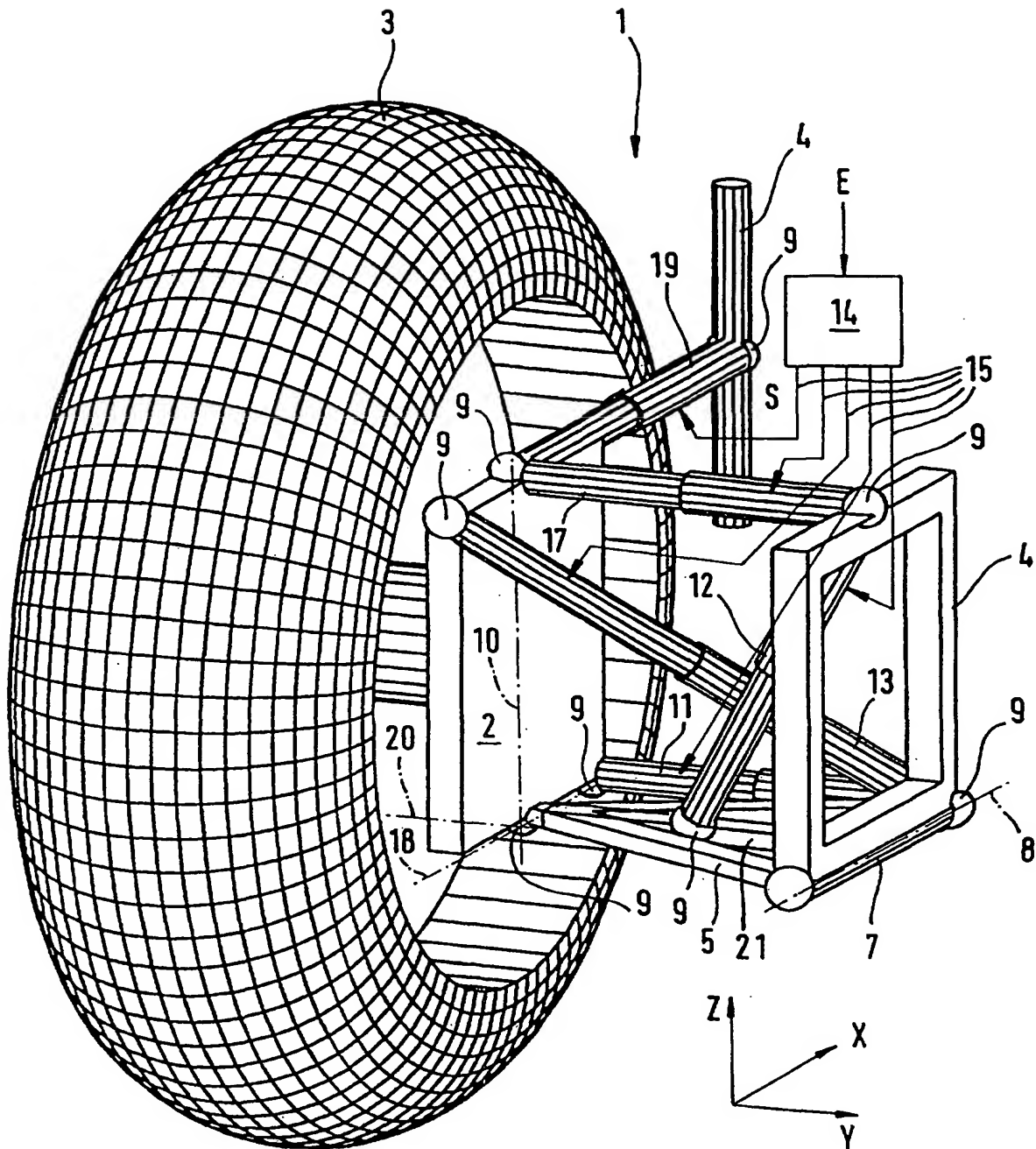


Fig. 3

THIS PAGE BLANK (USPTO)